

CENTRAL UNIT OF THE WIRELESS SENSORS NETWORK

Zdeněk Ptáček

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xptace15@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Michal Pavlík

E-mail: pavlik@feec.vutbr.cz

Abstract: This article deals with function and control description of wireless communication circuit nRF24L01+ and its possible use for the creation of local wireless sensor network of tree topology. Further is described function of sensor network and designs the central control unit for measured data collecting. Collected data are sent to computer and displayed to user. Finally there is considered possibility of powering modules by battery.

Keywords: nRF24L01+, sensors network, wireless communication

1. ÚVOD

Senzorická síť popsaná níže může sloužit za účelem měření, stejně jako pro zabezpečení domu. Síť je navržena a optimalizována pro bateriové napájení jednotlivých senzorických jednotek a za tímto účelem byl také vybrán radiofrekvenční komunikační modul nRF24L01+, jehož některé parametry a možnosti jsou zmíněny v následující kapitole. V další kapitole je blíže popsán princip a chování sítě, kdy všechny informace poslané sítí jsou shromažďovány centrální sběrnou jednotkou a přeposílány do počítače.

2. BEZDRÁTOVÁ SENZORICKÁ JEDNOTKA

Senzorická jednotka, nebo také senzor, je složena ze dvou hlavních částí. První, je komunikační modul nRF24L01+, který obstarává rádiové spojení s ostatními senzory sítě a druhou, je mikrokontrolér, který plní funkci obsluhy a sběru dat z čidel. Radiofrekvenční modul nRF24L01+ byl vybrán vzhledem ke své nízké spotřebě a také relativně velkému dosahu, avšak nevýhodou je právě přítomnost obslužného mikrokontroléru.

2.1. KOMUNIKAČNÍ RF MODUL NRF24L01+

Komunikace s mikrokontrolérem probíhá přes rozhraní SPI. [1] Hlavní parametry jsou uvedeny v následující tabulce.

Parametr	Hodnota
Napájecí napětí	1,9 – 3,6 V (na vstupech až 5V)
Proudová spotřeba	900 nA – 13,5 mA
Maximální dosah	80 – 100 m
Frekvenční pásmo	2,4 – 2,525 GHz
Rychlost přenosu dat	250 kbps, 1 Mbps a 2 Mbps
Maximální délka zprávy	32 bytů

Tabulka 1: Parametry modulu nRF24L01+[1]

V nepřetržitém režimu provozu při maximálním zatížení by při kapacitě baterie 1000mAh mohl samotný modul komunikovat asi 3 dny a 9 hodin, při opačném extrému v režimu nízké spotřeby pak bez mála 127 let (bez komunikace). Modul může také pracovat jako vícenásobný přijímač, kdy v přijímacím režimu zpracovává příchozí zprávy až od 6 modulů. Adresy těchto modulů musejí být nastaveny v příslušných registrech. Při obdržení paketu, je porovnána nejprve jeho adresová část s adresou nastavenou v registru. Náleží-li spárovanému vysílači, jsou data uložena do zásobníku, v opačném případě jsou zahozena. [1]

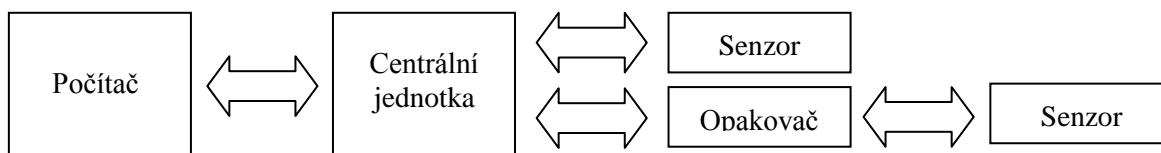
2.2. OBSLUŽNÝ MIKROKONTROLÉR

RF modul samotný nedokáže uchovávat hodnoty registrů bez přítomnosti napájení, proto musejí být tyto hodnoty vždy po připojení napájení znovu nastaveny. Nastavení registrů obstarává obslužný mikrokontrolér, který načítá uložené hodnoty (pokud existují) z paměti EEPROM. V určitých případech sám RF modul zažádá mikrokontrolér o pozornost vysláním signálu přerušení. Přerušení je vysláno v případě, že nastala některá z následujících situací [1]:

- byl obdržen paket,
- paket byl úspěšně vyslán (pokud je aktivována funkce automatického potvrzování, je přerušení vyvoláno až po přijatém potvrzení) nebo,
- přenos selhal, protože bylo dosaženo maximálního nastaveného počtu znovu poslaných paketů bez obdržení potvrzení o přijetí.

3. CHOVÁNÍ SÍTĚ

Každá senzorická jednotka sítě vykonává jednu ze tří možných funkcí. Jedinečnou funkci zastává centrální jednotka, která shromažďuje obdržené informace, případně vysílá požadavky a jako jediná má pevný zdroj napájení. V paměti EEPROM uchovává kromě hodnot pro inicializaci RF modulu také adresy všech senzorů připojených k síti. Až na výjimky, kdy je třeba poslat informace modulům sítě, se centrální jednotka nachází neustále v přijímacím režimu. Komunikaci přes rozhraní USB/UART lze z počítače prostřednictvím centrální jednotky nastavovat nebo jen číst hodnoty registrů jednotlivých senzorů v síti. Další, nejjednodušší funkci v síti zastává koncová senzorická jednotka, která komunikuje jen se svou nadřazenou jednotkou. Ta pracuje zároveň v režimu opakováče, kdy přijímá informace od podřízených jednotek a přeposílá jednotce nadřazené. Koncepční schéma senzorické sítě je vyobrazeno níže na Obrázku 1.



Obrázek 1: Koncepční blokové schéma sítě

3.1. STAV INICIALIZACE SÍTĚ

Každá senzorická jednotka se po připojení napájení snaží načíst hodnoty parametrů uložených v paměti EEPROM. Mezi parametry se řadí např.: adresy jednotek, se kterými jednotka komunikuje, interval vysílání, doba vysílání, rychlost vysílání, vysílací pásmo atd. Pokud parametry neexistují, znamená to, že modul ještě nebyl do žádné sítě zařazen. Po nastavení všech parametrů přechází jednotky sítě do režimu aktivní komunikace, kdy se v nastavených intervalech snaží o spojení se svými nadřazenými jednotkami. Nastavení parametrů u centrální sběrné jednotky probíhá obdobným způsobem. Pokud však neexistuje záznam nastavení v paměti EEPROM, čeká jednotka na nastavení z počítače.

3.2. PŘIPOJENÍ NOVÉ SENZORICKÉ JEDNOTKY

Pro připojení nového senzoru k síti, je potřeba senzor připojit k centrální jednotce přes rozhraní UART. Ta jej sama zařadí do stromu sítě a nastaví volnou fyzickou adresu. Tato adresa je poté uložena k ostatním adresám sítě v paměti EEPROM. Standardní vysílací interval nově připojeného senzoru je 1 minuta. Interval určuje, jak často senzor odesílá naměřená data nadřazenému senzoru v síti. Hodnotu vysílacího intervalu, stejně jako ostatní hodnoty v paměti EEPROM, lze změnit prostřednictvím počítače. Jakmile je nastavení senzoru hotovo, spojí se centrální jednotka s nadřazeným senzorem nově připojeného senzoru a předává mu informace o nastavení, včetně zvolené adresy.

3.3. MASTER IDENTITY

Identifikátor MASTER IDENTITY (MID) představuje druh ochrany při sběru dat mezi sítěmi se stejnými adresami, ale jinými centrálními jednotkami. Jako MID může sloužit fyzická adresa sběrné jednotky nebo uživatelem zvolené hexadecimální číslo. Každá centrální jednotka má jedinečné MID, které je používáno při komunikaci mezi jednotlivými senzory sítě.

Může nastat situace, kdy bude MID centrálních jednotek shodné. Proto se centrální jednotka snaží o komunikaci s jednotkou se stejnou adresou. Při úspěchu buď svou adresu změní sama, nebo požádá o změnu uživatele (PC). Po změně je opět proveden test „volnosti“ adresy. Jeden komunikační kanál tedy obsazen vlastní adresou centrální jednotky.

3.4. KOMUNIKACE A JEJÍ VLIV NA SPOTŘEBU

Při komunikaci je vysláno nejprve MID a poté zbytek zprávy. Je-li zpráva delší než 32 B, je rozdělena do několika paketů, kdy je na první místo vždy zařazeno MID. Tak senzor pozná, že komunikuje se svým podřízeným, či nadřízeným senzorem ze stejné sítě. V případě, že více senzorů vysílá najednou, dochází ke ztrátám dat a vlivem toho také k vyšší spotřebě.

Pro snížení spotřeby a zamezení současnému vysílání lze zavést „vysílací okna“, kdy jednotlivé senzorické jednotky vysílají či přijímají dle časového plánu. Každá senzorická jednotka však může začít komunikovat v jinou dobu a s jinou periodou, proto jsou o těchto parametrech nadřazené senzory informovány. Časování však může být nepřesné, proto si přijímač vytvoří časovou rezervu tím, že začne naslouchat dříve, než začne samotné vysílání podřízeného senzoru. Při přijímání v intervalu jedné minuty, o přijímací době 1 ms (poměr aktivity 0,002 %) a kapacitě baterie 1000 mAh, by napájení vystačilo na cca 19,5 roku.

4. ZÁVĚR

Síť je navržena jako několika úrovněová síť typu strom, kdy je prozatím zprovozněna komunikace se třemi moduly s možností vysílání zprávy o statické či dynamické délce, dále pak je vyřešeno vyhodnocení stavů odeslání či přijetí na základě poslaných signálů přerušení a částečná komunikace s počítačem.

Senzory napájené z baterií i přes svou nízkou spotřebu nevydrží příliš dlouho. Řešením je méně časté vysílání/přijímání a zavedení tzv. „vysílacích oken“, kdy by baterie senzorů mohla vydržet i několik let. Za předpokladu, že by nenastaly žádné přeslechy a bylo by posíláno minimum dat.

REFERENCE

- [1] NORDIC SEMICONDUCTOR. NRF24L01+ Product Specification [online]. March 2008 [cit. 2014-12-18]. Dostupné z: https://www.nordicsemi.com/kor/content/download/2726/34069/file/nRF24L01P_Product_Specification_1_0.pdf